COPY NET SERVICE

Biophysique

1EMD

Résumé

Prix : 50 DA

A-ELECTROSTATIQUE :

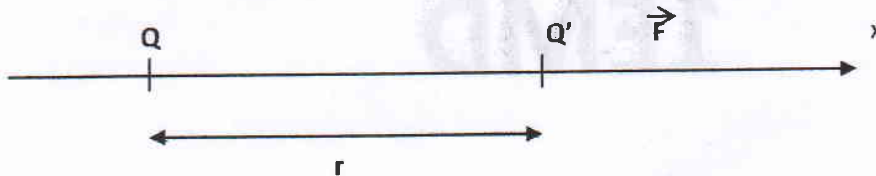
I. Introduction :

Les expériences d'électrisation par frottement et par influence permettent de maitre en évidence l'existence d'une interaction électrostatique ,cette interaction plus forte que la gravité se caractérise par une attraction come une répulsion, apparaissent la deux sorte d'électrisation induit par deux types de charges positive ou négative caractérisant l'état d'électrisation d'un corps : deux charges de même signe se repoussent, deux charges de signe différent s'attirent (à la différence de l'interaction gravitationnelle seul le phénomène d'attraction existe).

Remarque : la charge électrique élémentaire vaut : $1{,}6 \,.\, 10^{-19}$ C

La charge résultante est la somme algébrique de toutes les charges positives et négatives présente l'électrostatique est ainsi le résultat d'interaction électrique entre les particules chargées au repos.

II. LOI DE COULOMB :



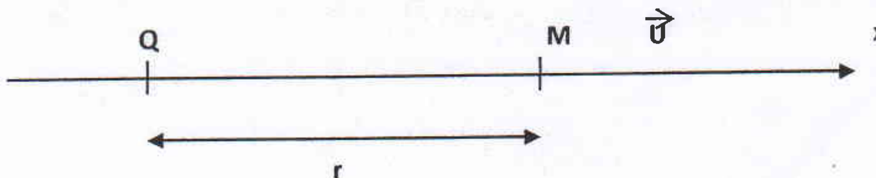
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q.Q'}{r^2}\,\vec{u} \Longrightarrow K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.\,10^{8}\,N.\,m^2.\,c^{-2}$$

- **Principe de superposition :**

La force exercée par des charges Qi sur la charge Q' s'écrit : $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\sum \frac{Qi.Q'}{r^2}\,\vec{u}$

III. Le champ électrique :

Le champ électrique E existe dans un point M de l'espace, si une force F est d'origine électrostatique s'exerce sur une charge ponctuelle placée en ce point.



$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q.Q'}{r^2}\,\vec{u} \Longrightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q'} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

- **Principe de superposition :**

Dans un espace électrique ou on présente les charges Qi distants d'une distance r_i du point M, le champ électrique E en ce point s'écrit :

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\sum \frac{Qi}{r^2}\vec{u}$$

Remarque : lorsque la charge est positive le champ électrique est dans le même sens que le vecteur unitaire $\vec{u}$. on dira que le champ électrique est <u>sortant</u>. Dans le cas ou la charge est négative, le champ électrique sera dis <u>rentrant.</u>

IV. ***Energie potentiel : caractéristique et définition :***

De la même manière que l'on défini l'énergie potentiel de gravitation, on défini l'énergie potentiel électrique U par rapport à deux corps de charge Q et Q' distant de r, l'expression de U est :

$$U = K\frac{Q.Q'}{r} \qquad \text{(Avec } U_\infty\text{=0)}$$

- **Potentiel électrostatique :**

Si une charge Q' placée dans un champ électrique acquière une énergie potentiel U, elle se trouve alors à un potentiel V défini comme :

$$V = \frac{U}{Q'}$$

Le potentiel V généré par la charge Q au point M distant de r s'écrit alors :

$$V = K\frac{Q}{r}$$

- **Principe de superposition :**

Pour plusieurs charges Qi distantes d'une distance ri de M, le potentiel V en ce point vaut :

$$V = \sum K\frac{Qi}{ri} = K\sum\frac{Qi}{ri}$$

V. ***Relation entre le potentiel V et le champ E:***

Il est possible d'établir une expression mathématique du champ E en fonction du potentiel V.

Dans le cas unidimensionnel suivant r : $Er = -\left[\frac{\partial V}{\partial r}\right]$

Plus généralement l'expression du champ E s'écrit :

$$\vec{E} = -\overrightarrow{Grad}\,.\,V = -\vec{\nabla}\,.\,V$$

- **Le travail des forces électrostatique W (forces dites conservatives) :**

W correspond à la variation de Ep entre l'état final et initial.

VI. L'énergie interne :

L'expression de l'énergie interne pour un système de deux charges Q_1 et Q_2 distants d'une distance d s'écrit :

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 . Q_2}{d}$$

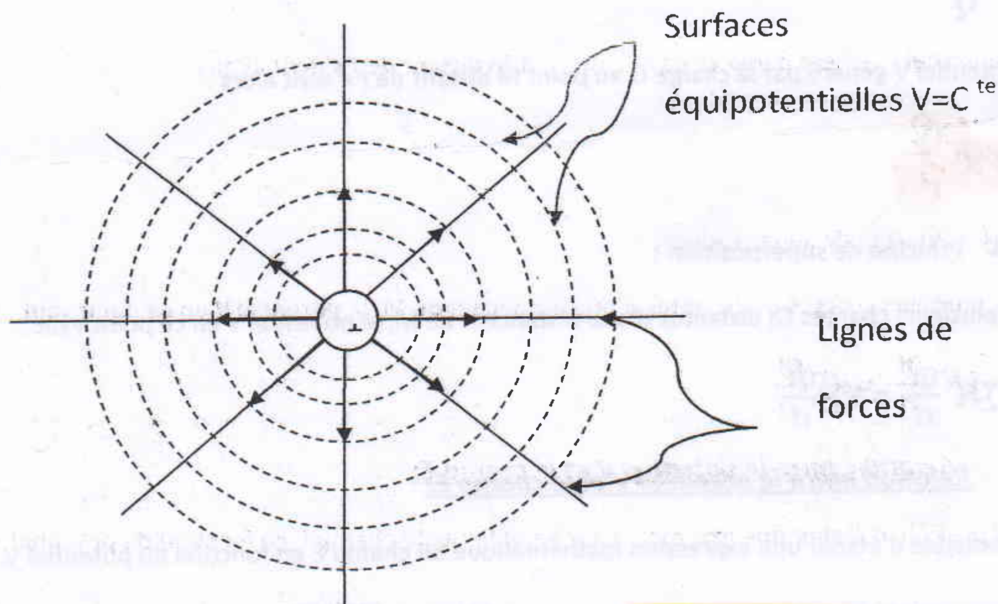
$U \geq 0$ si $Q_1 . Q_2 \geq 0$

$U \leq 0$ si $Q_1 . Q_2 \leq 0$

Plus généralement pour des charges $Q_i . Q_j$ distantes de d_{ij}, l'energie interne U s'écrit : $V = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon} \sum_i \sum_{i \neq j} \frac{Q_i Q_j}{d_{ij}}$

VII. Topographie de l'espace électrique :

Il est relativement commode de pouvoir traduire de manière schématique le champ électrique et le potentiel par le tracé de lignes de champ ou de forces et par des lignes, surfaces, volumes équipotentiels.



On appelle lignes de champ, les lignes tangentes dans chaque point au champ électrique E en ce point.

On appelle lignes, surfaces ou le volume équipotentiel, les lignes ou surfaces qui ont le même potentiel électrique.

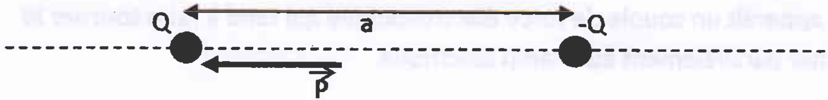
Remarque :

Les lignes de champs sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles $V = K \frac{Q}{r}$, $v_1 \geq v_2 \geq v_3$.

Le potentiel V décroit le long d'une ligne de champ.

VIII. DIPOLE ELECTRIQUE :

1-Définition : un dipôle électrique ce sont deux charges Q et Q' égales et de signes contraires séparées par une distance a.



Le moment dipolaire s'écrit : $\vec{P} = Q \cdot \vec{a}$

2-POTENTIEL $\vec{V}$ CREE PAR UN DIPOLE EN UN POINT M TRES ELOIGNE DU DIPOLE :

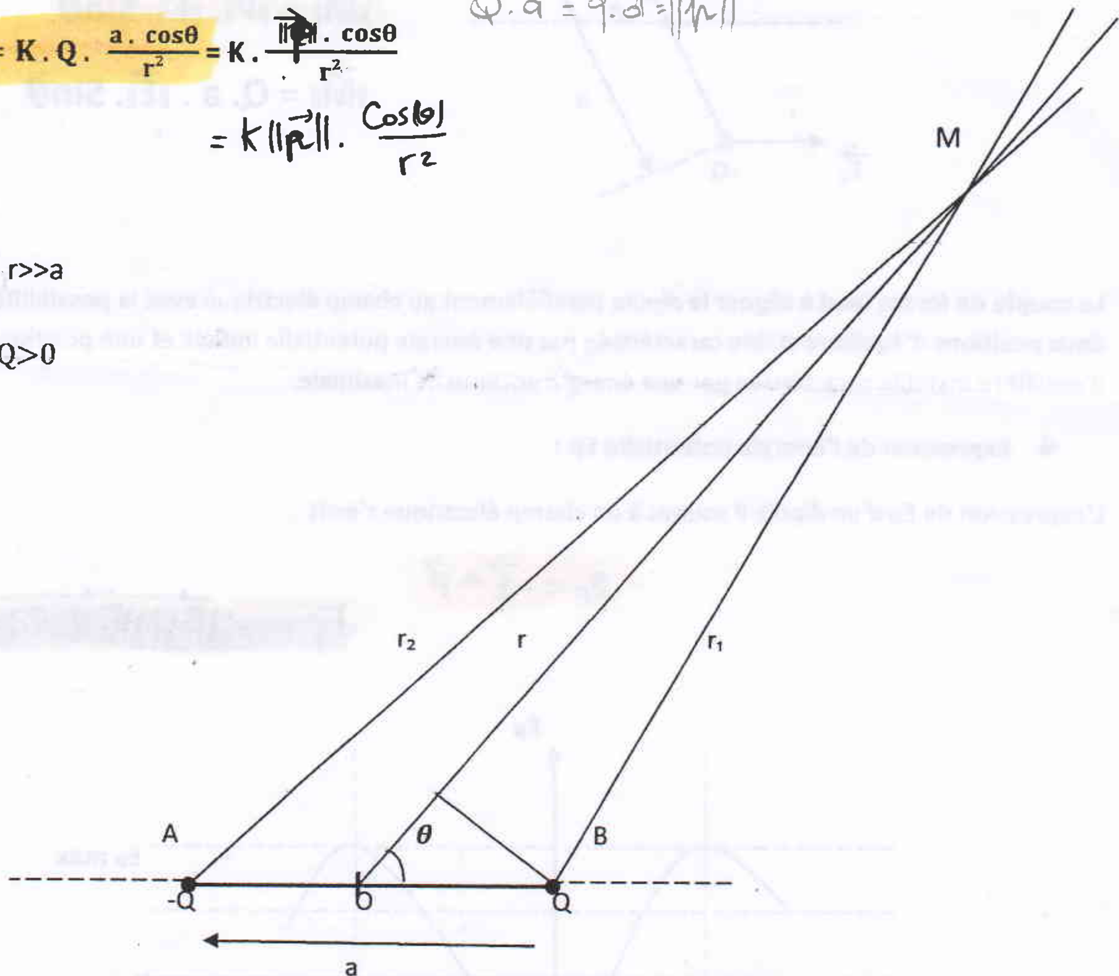
L'expression de ce potentiel est :

$$V_M = K \cdot Q \cdot \frac{a \cdot \cos\theta}{r^2} = K \cdot \frac{\|\vec{P}\| \cdot \cos\theta}{r^2}$$

$Q \cdot a = q \cdot d = \|\vec{P}\|$

$= K\|\vec{P}\| \cdot \frac{\cos(\theta)}{r^2}$

$\begin{cases} r >> a \\ Q > 0 \end{cases}$



3-LE CHAMP ELECTRIQUE $\vec{E}$ CREE PAR UN DIPOLE $\vec{P}$:

Dans le cadre des coordonnées polaires (r, θ) le champ électrique s'écrit :

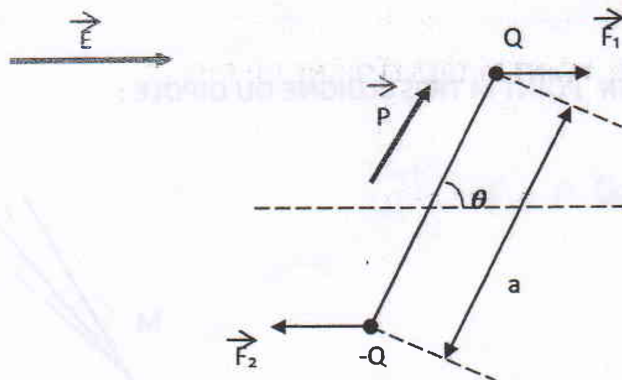
$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r}$ et $E_\theta = -\frac{\partial V}{r\partial\theta}$

En conséquence Er s'écrit :

$E_r = \frac{2.P.\cos\theta}{4.\pi.\varepsilon.r^3}$ et $E_\theta = \frac{P.\sin\theta}{4.\pi.\varepsilon.r^3}$

4-DIPOLE $\vec{P}$ PLACE DANS UN CHAP ELECTRIQUE $\vec{E}$:

De manière générale et dans le cas ou l'on suppose que le dipôle électrique à ses extrémités subit le même champ électrique, apparaît un couple de force électrostatique qui tend à faire tourner le dipôle de tel sorte à l'aligner parallèlement au champ électrique.



$\vec{M} = \vec{P} \wedge \vec{E}$

$\|\vec{M}\| = \|\vec{P}\|. \|\vec{E}\|. \sin\theta$

$\|\vec{M}\| = Q. a . \|\vec{E}\|. \sin\theta$

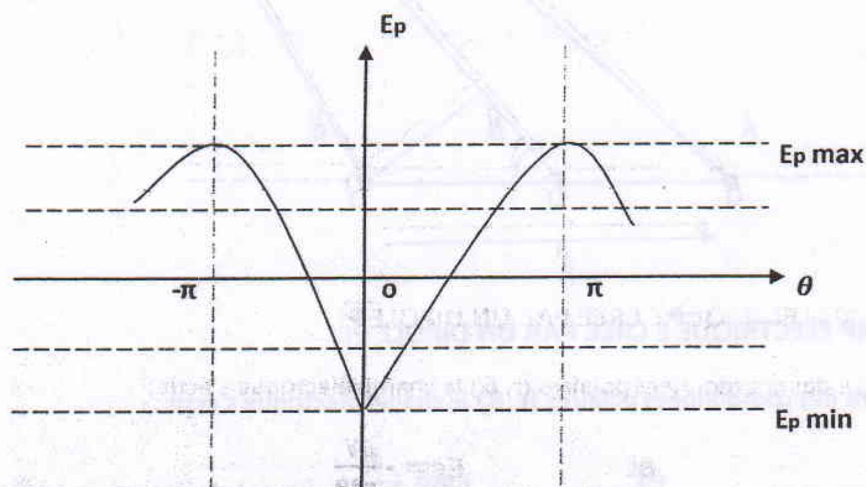
Le couple de forces tend à aligner le dipôle parallèlement au champ électrique avec la possibilité de deux positions d'équilibre stable caractérisée par une énergie potentielle initiale et une position d'équilibre instable caractérisée par une énergie potentielle maximale.

- **Expression de l'énergie potentielle Ep :**

L'expression de Ep d'un dipôle P soumis à un champ électrique s'écrit :

$E_p = - \vec{E} \wedge \vec{P}$

$E_p = -\|\vec{P}\|.\|\vec{E}\|.\cos(\theta)$



IX. Conducteurs:

1-Définition: un conducteur est un corps à l'intérieur du quel les charges libres peuvent se déplacer plus au moins librement (le métal, le corps biologique ...... etc.)

2-Conducteur en équilibre :

Un conducteur est dit en équilibre, si toutes ses charges sont immobiles, en d'autre terme les charges intérieures ne sont soumises à aucune force.

Propriétés du conducteur en équilibre :

*Le champ E à l'intérieur d'un conducteur en équilibre est nul.

*Le conducteur constitue un volume équipotentiel

* La charge est nulle à l'intérieur d'un conducteur en équilibre, elle est localisée à sa surface.

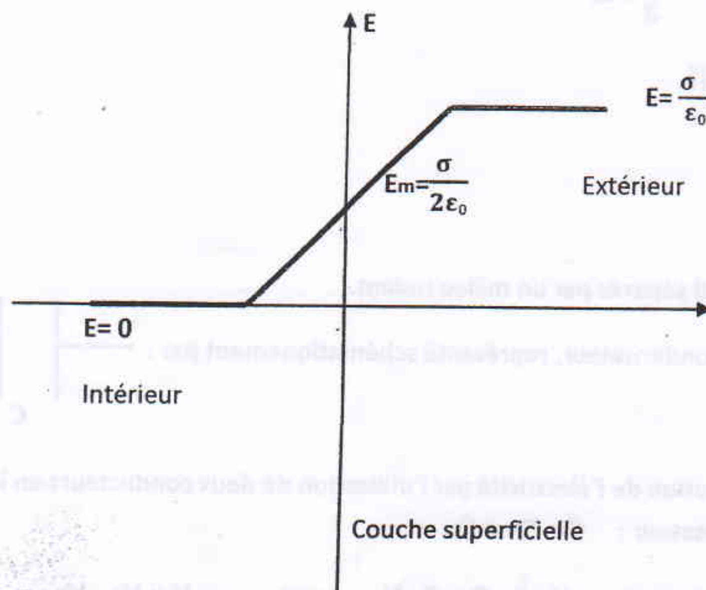
3-Théorème de GAUSS :

L'expression du champ E au voisinage extérieur immédiat d'un conducteur s'écrit :

$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; **σ** : densité surfacique de charges.

Remarque : Ce résultat obtenu pour un conducteur quelconque l'est sur la base de l'application du théorème de GAUSS ; $\Phi_E = \iint \vec{E} \cdot \vec{ds} = \frac{\Sigma qi}{\varepsilon_0}$

4-Champ électrique à la traversée de la surface d'un conducteur :



La pression électrostatique P au sein de la couche superficielle s'écrit :

$\vec{F} = Q . \vec{E}$ Et $P = \frac{F}{s}$: $E_m = \frac{\sigma}{2.\varepsilon_0}$

$P = \sigma . E$ → $P = \frac{\sigma^2}{2.\varepsilon_0}$

5-Le pouvoir des pointes :

Les charges ont tendance à s'accumuler sur les pointes

Exp : pour deux sphères respectivement de rayon R_1 et R_2 et de charges Q_1 et Q_2 de densité surfacique σ_1 et σ_2, il est possible d'écrire lorsque celles-ci sont reliées et à équilibre.

$$\sigma_1 . R_1 = \sigma_2 . R_2$$

6-Capacité propre d'un conducteur :

Elle se définie comme : $Q = C . V$

C : dépond de la forma du conducteur, traduit la plus au moins aptitude qu'a un conducteur d'emmagasiner de la charge.

7-Energie interne d'un conducteur :

Elle est définie comme :

$$E = \frac{1}{2} . C . V^2 = \frac{1}{2} . \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} . Q . V$$

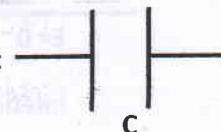
R ! E et toujours positif.

X. *Condensateurs :*

1-Définition :

Soit deux conducteurs A et B séparés par un milieu isolant.

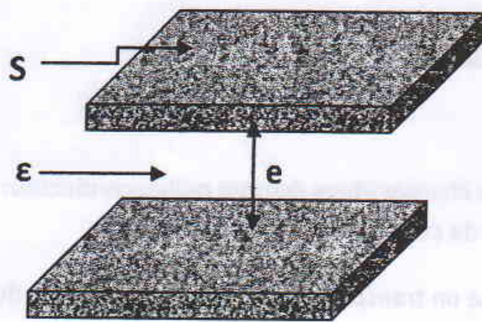
Le système [AB] forme un condensateur, représenté schématiquement par :



La réalisation de la condensation de l'électricité par l'utilisation de deux conducteurs en influence totale. La charge du condensateur : $Q = Q_A = Q_B$

La capacité propre d'un condensateur s'écrit : $Q = C . V$ avec $V = V_A - V_B$

2-Applications au condensateur plan :



$$C = \frac{\varepsilon \,.\, S}{e}$$

3-L'énergie interne d'un condensateur :

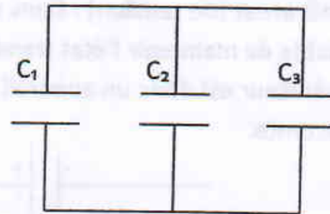
Elle s'écrit : $E = \frac{1}{2}.C.V^2 = \frac{1}{2}.\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}.Q.V$ **avec** $V = V_A - V_B$

4- Association de conducteurs :

✓ Conducteurs en parallèle :

$C = \Sigma\, Ci$

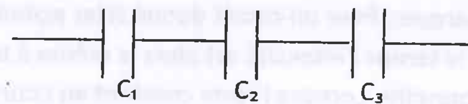
$C = C_1 + C_2 + C_3$



✓ Condensateurs en série :

$$\frac{1}{C} = \Sigma \frac{1}{Ci}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



B-LELECTRICINETIQUE

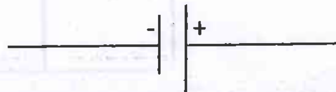
I. Définition :

L'électrocinétique, représente l'étude de déplacement de charges libres dans un milieu conducteur ou il existe une différence de potentiel entre deux points de celui-ci.

- **Le courant électrique :** Peut être considéré comme un transport de charge positive allant du potentiel le plus élevé au potentiel le plus bas.
- **Intensité du courant :** Soit la charge Q qui traverse pendant le temps t la section S d'un conducteur (alimenté en régime permanant), alors I s'écrit :

$$I = \frac{Q}{t}$$

- **Sens conventionnel du courant :** Il exprime le déplacement de charges positive, cette convention retenue historiquement ne traduit pas forcement la réalité, particulièrement dans le cas des solides.
- **Générateur (de tension) :** Dans un circuit le passage dit stationnaire nécessite un élément capable de maintenir l'état transitoire qui caractérise le déplacement de charges, le générateur est donc un appareil qui maintien entre ses bornes une différence de potentiel constante.



- Récepteur : Est un appareil capable de transformer l'énergie électrique en énergie chimique, mécanique et calorique....etc.

Remarque : Pour un circuit donné si les potentiels Vi en différent points de celui-ci sont invariables dans le temps l'intensité est alors la même à travers toutes section du circuit, le régime est dit **stationnaire.** Lorsque I reste constant au cours du temps le courant est alors **continu ou constant.**

II. Résistance et résistivité :

1-Loi d'Ohm :

Soit un conducteur donné à température constante, si le rapport VA-VB entre deux points A Et B au courant électrique I constant, le conducteur est dit **Ohmique**, et on écrit :

$$R = \frac{V_A - V_B}{I}$$

2-Notion de résistivité ; application à un conducteur cylindrique homogène :

$$\rho = \frac{R \cdot S}{L}$$ ρ : résistivité   S : section o con   L : longueur considérée.

- **Association e résistances :**

Résistances en série

$$R = \Sigma R$$

résistances en parallèle

$$\frac{1}{R} = \Sigma \frac{1}{R}$$

3-Loi de Joule :

Pour un circuit résistif de résistance R entre A et B la circulation des charges entre A et B s'accompagne d'un dégagement de chaleur qui constitue l'effet Joule.

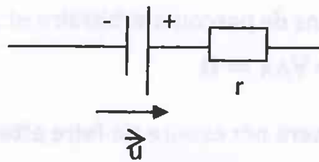
La puissance décapée par l'effet Joule s'écrit :

$P = R . I^2$

III. *Générateurs et récepteurs :*

1-Générateurs :

- **Générateur idéal** : caractérisé par sa force électromotrice ε, il délivre à ses bornes la tension **U= ε**
- **Générateur réel** : force électrostatique ε, résistance interne **r** il délivre à ses bornes la tension **U= ε – r. I**



- Association de générateurs :

*Générateurs en série (εi ; ri)

$\varepsilon = \Sigma \varepsilon_i$ **$r = \Sigma r_i$**

*Générateurs en parallèle (ε_0 ;r_0)

$\varepsilon = \varepsilon_0$ **$r = r_0/n$**

- Puissance et rendement d'un générateur :

*Générateur idéal : la puissance délivrée est ;

P= ε.I avec un rendement **rd=1**

*Générateur réel :la puissance délivrée est ;

$P=\varepsilon. I-r.I^2$ et le rendement **$rd= (\varepsilon. I-r.I^2) \varepsilon. I$**

2-Récepteurs :

- **Récepteur idéal** : Caractérisé par sa force contre électromotrice(FCM) e ;la puissance transformée est ; **P= e .I** avec un **rd =1**
- **Récepteur réel** : Caractérisé également par sa résistance interne R ; la puissance consommée ; **$Pc= e. I+ R. I^2$**

La puissance transformée est ; **Pt= e. I** avec **rd=** $\frac{e.I}{e.I+R.I^2} = \frac{e}{e+R.I}$

IV. *Réseaux – Loi de Kirchhoff :*

1-Définitions :

Une branche : C'est une partie du réseau qui joint deux nœuds.

Un réseau : Ensemble formé par des générateurs et des récepteurs associés de façon quelconque.

Un nœud : Point de jonction d'au moins trois conducteurs.

Maille du réseau : Conducteur fermé constitué par une suite de branches.

2- Loi de Kirchhoff :

- Loi des nœuds : La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme es intensités des courants qui en partent **Σ ij=0**
- Loi des mailles : En faisant un choix d'un sens de parcours arbitraire et un nœud quelconque A du réseau on écrit ; $V_A - V_B = V_{AA} = 0$

Utilisation ici de la relation de Chasles. Dans ce cas il sera nécessaire de faire attention aux signes du courant dans la branche du réseau en particulier lorsqu'un récepteur est présent.

C- ELECTROPHYSIOLOGIE

I- Introduction :

L'électrophysiologie a pour objet l'étude des phénomènes électriques liés au fonctionnement de structures biologiques ou organes de l'individu.

Elle en décrit les différents aspects, elle tente d'en découvrir les causes et de leurs attribuer éventuellement un rôle fonctionnel.

L'étude de ces signaux bioélectriques permet donc d'acquérir des informations sur le fonctionnement normal ou pathologique de l'organe qui leur donne naissance.

Exp : électroencéphalographie, électro biographie.

L'origine de ces manifestations bioélectriques traduit une explicitation du métabolisme (activité biochimique, mécanisme physicochimique et force électromotrice élémentaire) .

II- Techniques de l'électrophysiologie :

Les signaux bioélectriques sont souvent de faible amplitude, les étudier revient à les recueillir, les amplifier pour les traiter et les analyser .Associer au signale bioélectrique, il est important de mettre en évidence le signale émis du signal recueilli et du bruit accompagnant celui-ci d'autant qu'il est important également de tenir compte du caractère relatif u bruit (étudier l'activité électrique cardiaque revient à considérer l'activité pulmonaire comme du bruit).

Recueillir le signal électrique reste donc délicat et l'amplifier ainsi que la mise en œuvre de la chaine de mesure de ce signal nécessite de tenir compte des phénomènes de chaque organe de la chaine de mesure. Le traitement de l'information revient donc infini à augmenter le rapport signal-bruit pour traduire l'information en une grandeur directement utilisable.

III- Electrophysiologie cellulaire :

1-définition : C'est l'étude des propriétés électriques des cellules liées aux caractéristiques de la membrane cellulaire (aux propriétés ultra structurales de la membrane cellulaire) responsable de l'existence d'une différence de potentiel entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire.

2-Le potentiel de repos :

C'est une différence de potentiel strictement localisé à la membrane la face interne étant négative par rapport à l'extérieur. Le potentiel de repos caractérise une cellule excitable ou non excitable.

- ***Théories explicatives :***

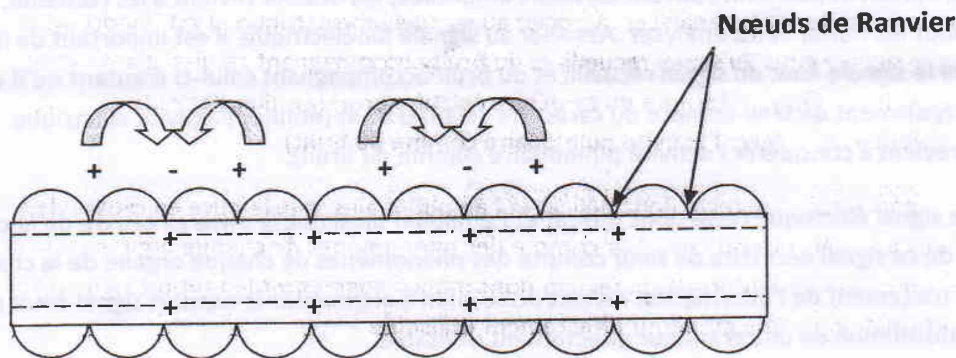
Selon l'hypothèse de Boyle et Conwy, la membrane cellulaire joue le rôle d'une membrane semi-perméable idéale, perméable à tous les ions K^+ et Cl^- et strictement imperméable aux ions Na^+.

La DDP (différence de potentiel) chimique entre les deux compartiments est égale et opposé à la DDP électrique, cette théorie a été mise en doute par l'expérience du Na radioactif (Hodgkin et Huxley) ont montré qu'il n'existe pas d'état d'équilibre mais un régime permanant consomme de l'énergie ,la pompe Na^+/K^+ (réaction d'hydrolyse de l'ATP).

3-Le potentiel d'action (PA) :

L'existence du PA : caractérisation de la cellule excitable, il s'agit d'une variation rapide de la DDP transmembranaire au cours du temps, consécutive à une excitation qui répond à la loi de tout ou rien ; si l'excitation est infraliminaire il n'y a pas d'activation du PA.

Le PA traduit une brutale augmentation de la perméabilité membranaire qui entraine une inversion de polarisation (on parlera de dépolarisation membranaire), ce PA se propagera alors en fonction de la nature du support et la vitesse de propagation du Spike sera liée à celui-ci. Pour exemple la fibre myélinisée et la fibre non myélinisée, le mécanisme de propagation du PA est effectivement différent. Pour la fibre myélinisée du fait que la guène de myéline offre une très grande résistance les courants locaux ne peuvent traversés la membrane entre le nœud de Ranvier : la propagation ici est dite saltatoire (vitesse de la propagation de l'ordre d'une dizaine de mètres par seconde), alors que dans le cas de la fibre non myélinisée, les vitesses de propagation du PA sont considérablement plus faibles.



IV- *Electrophysiologie cardiaque (cœur normale) :*

1-Introduction : Physiologie et histologie :

La pompe cardiaque : de part leur fonction physiologique et leur nature histologique. On peut distinguer deux types de tissus cardiaques.

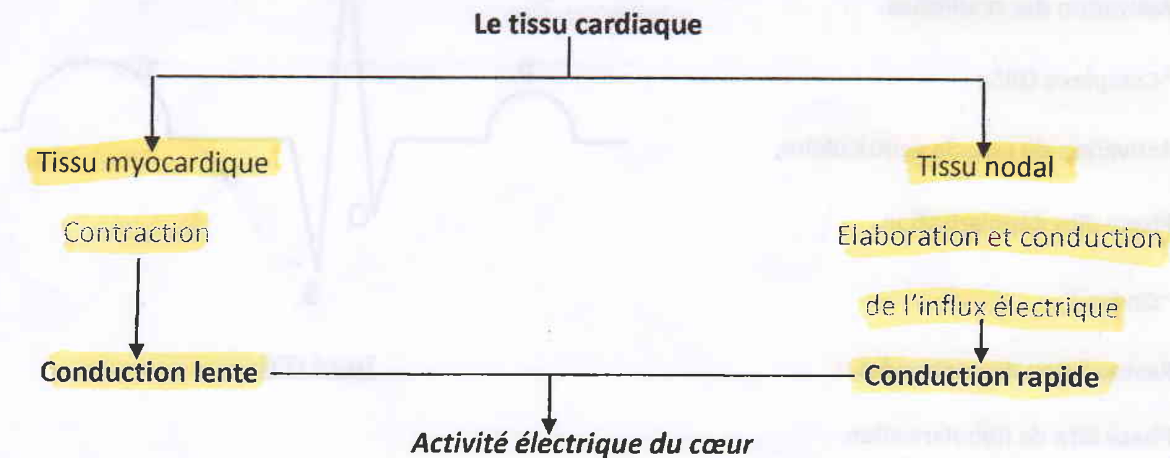
Tissu nodal : -Le nœud sinusal

-Le nœud auriculo-ventriculaire

-Le tronc et les branches du faisceau de HIS.

- Le réseau de Purkinje.

Tissu myocardique :



2-Naissance et conduction de l'influx électrique :

L'influx électrique né périodiquement du nœud sinusal de façon automatique, il est conduit à travers les oreillettes dont ils provoquent leurs contractions, il passe alors au niveau du nœud auriculo-ventriculaire ou il subit un retard duquel il traverse cette jonction au niveau du tronc u faisceau de HIS, et dans le septum inter ventriculaire puis dans les parois ventriculaires en suivant le tronc et les branches du faisceau de HIS, cet influx est enfin conduit aux cellules myocardiques ventriculaires par le réseau de Purkinje.

V- Électrocardiographie :

Elle a pour objet la reconstitution de l'état d'activation du cœur à partir de l'enregistrement du DDP dont le résultat est d'établir un électrocardiogramme sur la base de certaines hypothèses ;

-Chaque élément infinitésimal de la fibre cardiaque peut être caractérisé par un dipôle élémentaire équivalent.

-Une membrane cellulaire peut être assimilée à un ensemble de dipôles électriques équivalents assimilés à leur tour à un feuillet électrique.

-Cet ensemble de fibres peut être assimilé à un feuillet électrique qui si l'on se place très loin e celui-ci peut être assimilé à un dipôle électrique unique.

1-Réalisation de l'électrocardiogramme (standard) :

Le cœur est assimilable à deux groupes de fibres : Les myocardes ventriculaires et auriculaires, en phase d'activation ou de restauration, ils sont responsables du DDP entre les points du milieu extérieur.

L'enregistrement de ces DDP constitue l'électrocardiogramme.

L'enregistrement standard de l'ECG comporte l'enregistrement de douze dérivations (six dérivations membres et six dérivations précordiales).

*Onde (ou accident) P ;

Activation des oreillettes.

*Complexe QRS ;

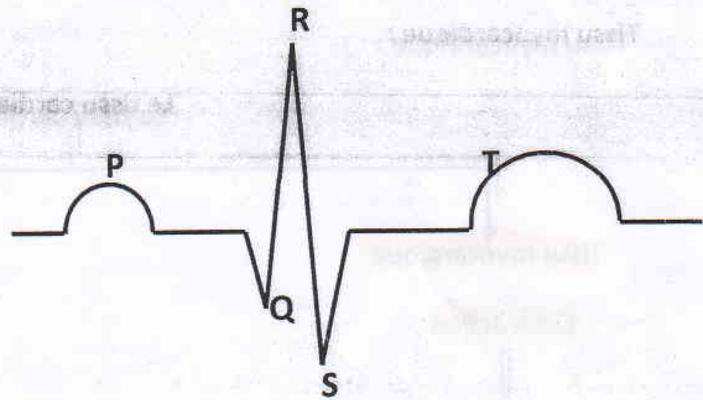
Activation du muscle ventriculaire,

Phase dite dépolarisation.

*Ondes T ;

Restauration de ventricules,

Phase dite de Repolarisation.



Tracé ECG

Les dérivations précordiales comportent 6 dérivations unipolaires V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, enregistré par rapport à un potentiel de référence. Les électrodes sont placés prés du cœur sur le thorax, sur des endroits universellement admis.

Les dérivations précordiales explorent le cœur dans un plan horizontal(le cœur est assimilable ici à un feuillet).

Les dérivations des membres comportent 3 dérivations unipolaires V_r, V_L,V_f par rapport à un potentiel de référence et 3 dérivations bipolaires(V_L- V_r)(V_f - V_r)et (V_f - V_L).

Ces dérivations explorent le cœur dans un plan frontal.

2-Théorie d'Einthoven :

Pour mettre en application la théorie dipolaire, il est nécessaire de proposer ces hypothèses :

*Le potentiel crée par le cœur en voie d'activation et de restauration peut être assimilé à un dipôle unique.

*L'origine du vecteur moment dipolaire peut être considérer comme fixe (appelé centre électrique du cœur).

*On admet que les 3 points r, L, f forment un triangle équilatéral, dont le centre coïncide avec le centre électrique du cœur c'est le triangle d'Einthoven.

Noeud Sinusal
Noeud Atrio-Ventriculaire
Branche Gauche de Bündle
Branche Droite de Bündle
Fibres de Purkinje
P = Dépolarisation auriculaire
QRS = Dépolarisation ventriculaire
T = Repolarisation ventriculaire
P
T
QRS

Noeud sinusal
Noeud auriculo-ventriculaire
Faisceau de His
Branche gauche du faisceau de His
Bandelettes auriculaires
Branche droite du faisceau de His
Réseau de Purkinje

Crosse aortique
Artère pulmonaire
Veine cave supérieure
Veine pulmonaire
Poumon
Oreillette gauche
Valve mitrale
Oreillette droite
Valve tricuspide (auriculo-ventriculaire droite)
Valve semi-lunaire (sigmoïde pulmonaire)
Ventricule gauche
Septum interventriculaire
Veine cave inférieure
Ventricule droit
Aorte descendante

Structure du cœur :

✓ **Le squelette fibreux :**

- Tissu conjonctif fibreux : 4 anneaux fibreux autour des ostiums atrio-ventriculaires et artériels
- Donne insertion aux fibres musculaires des atria, des ventricules et aux valvules
- Sépare la musculature des ventricules de celle des atria
- 2 trigones fibreux droit et gauche
- Trigone droit : faisceau atrio-ventriculaire

